

未满 750kW 海船考试用轮机培训教材

船舶电气

武云晶 尹永隆 编



大连海事大学出版社

未满 750kW 海船考试用轮机培训教材

船舶电气

武云晶 编
尹永隆

大连海事大学出版社

(辽)新登字 11 号

图书在版编目(CIP)数据

船舶电气/武云晶,尹永隆编. —大连:大连海事大学出版社,1995

未满 750kW 海船考试用轮机培训教材

ISBN 7-5632-0763-5

I. 船…

I. ①武… ②尹…

Ⅱ. 船用电气设备-船员-培训-教材

IV. U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 01758 号

大连海事大学出版社出版

(大连市凌水桥 邮编 116024)

大连海事大学出版社印刷厂印刷 大连海事大学出版社发行

1995 年 1 月第 1 版 1995 年 1 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/32 印张:5.5

字数:119 千 印数:0001~5000

本册定价:6.40 元 全套定价:34.80 元

内 容 提 要

本书是根据中华人民共和国港务监督局颁布的“750kW以下值班轮机员《船舶电气》考试大纲”编写的。主要供参加值班轮机员职务证书考试的船员用,也可以作为船舶轮机部人员培训、业务学习的教材。

根据考试大纲对《船舶电气》的基本要求,考虑到本门课程的系统性,以及轮机部管理人员的实际情况,全书内容在顺序上仍按电路与磁路原理、电子技术、电机和船舶电气设备层次编写。本书共分七章。前三章介绍的是基础理论部分,包括电路基本概念及定律;电与磁之间关系及规律;二极管的单向导电性。后四章为电气设备部分,介绍了直、交流电机工作原理、使用方法,维护保养及故障排除;电动机简单控制线路;船舶电力系统的组成、管理及常规维护保养;另外还介绍了安全用电常识和电气防火防爆常识。每章之后都附有复习思考题,供自学之后作自我测验用。

前 言

为提高船员业务技术水平和有利于 B 类三等船员培训考试工作,受辽宁省港航监督委托,根据中华人民共和国港务监督局 1992 年颁发的“海船轮机长、轮机员考试大纲”中有关主推进动力装置未满 750kW 海船轮机长、轮机员考试科目和考试大纲,由大连海运学校组织有教学和实践经验的教师编写了主推进动力装置未满 750kW 海船考试用轮机培训教材。该教材在内容的选择上具有较强的针对性、实用性,且紧扣大纲、简明扼要,具有一定的系统性。书中还设有一定数量的思考题,便于船员学习时加深理解与消化。

此套培训教材分为五册,第一分册《船舶柴油机》,由杨铁时编写;第二分册《船舶辅机》,由张存有编写;第三分册《轮机管理》,由李春野编写;第四分册《轮机基础知识》,包括两门课程,其中《制图、量具与计量单位》由吕赫新编写,《造船知识》由李文双编写;第五分册《船舶电气》,由武云晶、尹永隆编写。全书由杨铁时高级讲师主编,李延顺高级工程师主审。

本培训教材在编审、出版和征订工作中得到大连海运学校、大连海事大学出版社以及辽宁、福建、海南、山东、广西、广东、江苏、上海、大连、天津等省、市港航监督及各航运企事业单位的关心与支持,在此一并表示由衷的感谢。

由于教材内容涉及面较广,并要适应较多层次读者要求,加之编写时间仓促,定有不妥之处,敬请各位同仁赐教,以便再版时修订完善。

未满 750kW 海船考试用轮机培训教材编委会

编 者 的 话

本书是根据 C 类轮机员适任证书考试大纲中对《船舶电气》知识的要求而编写的培训教材。也可作为其它轮机管理人员的自学参考书。

本书中的第一、二、三、四和五章由武云晶编写,第六、七章由尹永隆编写。

本书在编写过程中得到了有关人士的大力支持,在此一并表示谢意。

《船舶电气》是船舶轮机员必须具备的基本知识和基本技能,具有知识面广,实践性强的特点。在编写过程中,力求加强系统性和针对性。但由于水平有限,时间仓促,不当之处在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者

1994 年 10 月

未满 750kW 海船考试用轮机培训教材

编 委 会

(按姓氏笔划为序)

主任委员:于宝忱

副主任委员:王玉洋 刘宗德 邢生文 许鼎生

严 政 严 俊 李延顺 陆卫东

张元生 张兴芝 张基杰 徐志明

章友根 谭克勤 颜慧明

委 员:尹永隆 吕赫新 安志华 李文双

李春野 张存有 杨铁时 杨 华

武云晶 袁林新 钱 闵

目 录

第一章 直流电路	(1)
第一节 电路及其基本物理量	(1)
第二节 电路的基本定律	(5)
第三节 电阻的串联和并联	(11)
第四节 电能和电功率	(13)
第五节 电路的状态和电气设备的额定值	(15)
第六节 万用表和兆欧表	(19)
第七节 电容	(21)
复习思考题	(24)
第二章 电磁	(28)
第一节 电流的磁场及其磁场的基本物理量	(28)
第二节 铁磁材料的基本性质和磁路	(31)
第三节 磁场对载流导体的作用力	(37)
第四节 电磁感应	(38)
复习思考题	(42)
第三章 半导体二极管	(45)
第一节 半导体的特性	(45)
第二节 P型半导体、N型半导体和PN结的 单向导电性	(46)
第三节 半导体二极管	(49)
第四节 单相整流电路	(51)

复习思考题	(57)
第四章 三相异步电动机	(59)
第一节 异步电动机转动原理	(59)
第二节 异步电动机的构造	(60)
第三节 旋转磁场	(63)
第四节 异步电动机的起动	(67)
第五节 异步电动机的铭牌	(73)
第六节 异步电动机常见故障、原因及处理方法	(77)
复习思考题	(78)
第五章 直流电机	(79)
第一节 直流电机的工作原理	(79)
第二节 直流电机的构造和励磁方式	(82)
第三节 并励直流发电机	(88)
第四节 直流电动机的起动与反转	(90)
第五节 直流电机的维修保养	(91)
复习思考题	(95)
第六章 低压电器和基本的控制线路	(96)
第一节 常用控制电器和保护电器	(96)
第二节 异步电动机的简单控制线路	(105)
复习思考题	(117)
第七章 船舶电力系统	(120)
第一节 船舶电力系统概述	(120)
第二节 船舶配电装置	(123)
第三节 同步发电机	(128)
第四节 同步发电机并联运行	(136)
第五节 接岸电的要求	(145)

第六节	配电盘主开关跳闸的应急处理·····	(146)
第七节	酸性蓄电池·····	(147)
第八节	安全用电·····	(154)
	复习思考题·····	(159)
	主要参考书目·····	(161)

第一章 直流电路

第一节 电路及其基本物理量

一、电路的组成及作用

在船舶上,应用着各种各样的电气设备,如发电机、电动机、雷达、电子计算机和各种仪器仪表等。这些电气设备通常是由电源、电阻、电容、线圈、开关、晶体管和集成电路等电气器件组成的。电气器件按一方式相互联接的整体,构成了电路。电路就是电流通过的路径。

图 1-1 为最基本的简单电路,它由电源、负载(用电设备)、联接导线和控制设备等组成。对电源来讲,负载、联接导线和控制设备称为外电路,电源内部的一段电路称为内电路。

电源是供应电能的装置,它将其他形式的能量转换为电能。例如,电池把化学能转换为电能。

负载是取用电能的装置,它把电能转换为其他形式的能量。例如,电灯把电能转换为光能和热能。

联接导线是联接电源和负载以构成电流通路的导体。

在电路中,还有其它辅助元件,如开关是用来接通和切断电路的;测量仪表是用来监视电路的工作情况的;熔断丝是用来保护电气设备的;等等。

为了分析和计算方便,常用一些简单的图形符号代表具

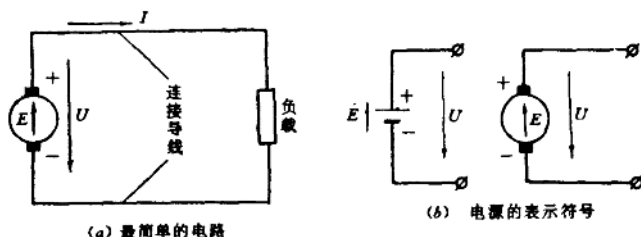


图 1-1 最简单的电路及电源的表示符号

体的电气设备和器件,将它们联接起来画成电路的原理图,简称电路图,电路图只反映各电器元件的联接关系、主要特性,而不表示出实际电路的形状、尺寸和相互位置等。

二、电路的基本物理量

电路对能量转换通常是通过电路的基本物理量,如电流、电压及电动势等物理量来计算或测量的。

1. 电流(I)

电流是一种物理现象,即电荷有规则的定向移动。电流的方向规定为正电荷移动的方向。

度量电流强弱的物理量称电流强度,简称电流。电流强度在数值上等于单位时间内通过某导体截面的电量,即

$$\text{电流强度}(I) = \frac{\text{通过导体截面的电量}(Q)}{\text{时间间隔}(t)}$$

若在各相同的时间间隔 t 内,单方向地通过导体截面的电量 Q 都相等,这种大小和方向都不随时间变化的电流是恒定电流,简称直流。

若电路中电流为直流,这样的电路就是直流电路。本章讨论的是直流电路。

在国际单位制(SI)中,电流的基本单位是安培(A),简称安,也常用

$$1 \text{ 千安(kA)} = 1000(\text{A})$$

$$1 \text{ 毫安(mA)} = 0.001(\text{A})$$

上面已提到正电荷移动的方向就是电流的方向。但在实际电路中往往难以事先判断电流的真实方向,因此在分析和计算电路的过程中,常任选某一方向为电流的参考方向,并用箭头标在电路图上。经过分析和计算,若电流为正值,则表示电流的参考方向与真实方向一致;若电流为负值,则表示电流的参考方向与真实方向相反。应注意,在未规定参考方向的情况下,电流的正、负值是没有意义的。

今后,电路图中所标的电流方向箭头一般是参考方向,不一定是电流的真实方向。

2. 电位(V)

电路从本质上看是一个有限范围的电场,在电路内的电场中,每一电荷都具有一定的电位能。这与在重力场中,每一物体在任一点都有一定的位能相类似。

在电场中某点的电位高低,标志着正电荷在该处所具有的电位能的大小。

电位是一个相对的物理量。参考点不同,各点电位相应不同;但是参考点一经选定,则该电路中各电位就唯一确定了。不指定参考点而讨论电位是没有意义的,参考点的电位常规定为零,所以参考点又称零电位点。原则上参考点可以任意选定,但习惯上取大地、公共点或机壳作为电位的参考点,用符

号上表示。

电位在数值上等于电场力将单位正电荷从该点沿任何路径移到参考点所做的功,即

$$\text{电位}(V) = \frac{\text{电场力做的功}(W)}{\text{电荷}(Q)}$$

3. 电压(U)

电路中任意两点电位之差称为电位差,简称电压。它是衡量电场力对电荷做功能力的物理量。所以, A 、 B 两点间的电压 U_{AB} 在数值上等于电场力把单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功,即

$$U_{AB} = V_A - V_B = \frac{W_{AB}}{Q}$$

电压的实际方向是电场力移动正电荷作正功所循的方向,因此它的实际方向规定由高电位到低电位,即电位能降低的方向。

我们有时常将高电位点用“+”表示,低电位点用“-”表示,图中用箭头标示电压的方向。

电压也是具有大小和方向的代数量,但前提是指定电压的参考方向(或极性)。当电压的实际方向与参考方向一致时,电压为正,反之为负。在电路图中如不标明电压参考方向,谈论电压的正负是没有意义的。

在一个电路里,电压和电流的正方向,原则上都是任意选取的,这两者的正方向并非必须对应一致,但为了计算方便起见,一般使同一段电路的电流和电压参考方向选取一致,即电流的参考方向为从电压的正极流向负极。

4. 电动势(E)

在电场力的作用下,正电荷总是从高电位点经过负载向低电位点移动而形成电流。

为了维持电流不断地在连接导体中流通,并保持恒定,就必须使电源两点间的电压保持恒定。

为此就要求电源能产生一非电场力,常称电源力,它能克服电场力而使正电荷由低电位点搬到高电位点。为了衡量电源力对电荷做功的能力,而引入电源电动势这个物理量。电源电动势 E 在数值上等于电源力将单位正电荷从电源的低电位端经过电源内部移到高电位端所做的功。

电动势的实际方向是电源力移动正电荷作正功所循的方向。因此它的实际方向是在电源内部由低电位端指向高电位端,即电位升的方向。可见,电源电动势的方向与电源两极间电压的方向正好相反。

在国际单位制中,电位、电压和电动势的单位均为伏特,简称伏(V)。也常用

$$1 \text{ 千伏(kV)} = 1000 \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 毫伏(mV)} = 0.001 \text{ 伏(V)}$$

第二节 电路的基本定律

一、欧姆定律

1. 欧姆定律

欧姆定律是分析和计算电路的最基本定律之一,它表明了电阻元件的特性,即流过电阻的电流与该电阻两端的电压之间的关系。

图 1-2 所示的是一段电阻电路,设电阻 R 是一个线性电

阻(其电阻值不随所通过的电流和其两端电压的改变而改变)。实验证明:通过电阻 R 的电流 I 与加在电阻两端的电压 U 成正比,这就是欧姆定律(或称一段电阻电路的欧姆定律)。它的数学表达式为

$$U=IR$$

应用欧姆定律时要注意以下两点:

(1)上式只有在电压、电流参考方向选得一致时(如图 1-2)才适用。电阻元件上电流、电压的实际方向总是一致的。

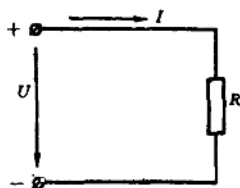


图 1-2 一段电阻电路

(2)欧姆定律只适用于阻值不变的线性电阻。严格地说,线性电阻是不存在的,但在一定的电流和电压范围内,若电阻值能相对地保持不变,则这电阻可看作线性电阻。

2. 电阻

一切导体都有电阻。导体对电流的阻碍作用称电阻,一般用 R 表示。这种阻碍作用是由于电荷移动时带电粒子之间和带电粒子与原子或离子间相互碰撞,摩擦而形成的。因此电流通过电阻会发热,这也是电流通过电阻将电能转换成热能的物理实质。

各种导线实际上都具有一定的电阻,不过在一般的计算中导线的电阻很小,常被忽略,只有当它的存在对计算的结果产生一定影响时才需考虑。

电阻的单位是欧姆,简称欧,用字母“ Ω ”表示。也常用

$$1 \text{ 千欧}(\text{k}\Omega)=1000 \text{ 欧}(\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧}(\text{M}\Omega)=1000000 \text{ 欧}(\Omega)$$

对于不同的金属,由于单位体积内电荷数目不同,内部结构不同,电荷在运动中碰撞的机会和次数不同,使长度和截面积相同而材料不同的导体,它们的电阻不相同。为了从数量上表示不同导体的这一特性,我们引用电阻率 ρ 这一物理量。

根据电阻率的大小,将物质分为导体、半导体和绝缘体,电阻率很小的材料,电流容易通过,称为导体,如银、铜、铝等金属;电阻率很大的材料,对电流阻碍作用很大,即对电流有绝缘的作用,称为绝缘体(电介质),如橡皮、云母、塑料等;导电性能处于导体和绝缘体之间的材料,称为半导体,如硅、锗、氧化铜等。

实验证明,同一材料的电阻与导体的长度 L 成正比,与导体的截面积 S 成反比。用公式表示为

$$R=\rho \frac{L}{S}$$

这就是说,导体愈长,电阻愈大;而导体的截面积愈大,电阻则愈小。

导体的电阻除与材料的性质,尺寸有关外,还与温度有关。大多数的金属,其电阻随温度升高而增大。

实验指出,温度在 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 范围内。金属导体的每欧电阻的变动量 $(R_2-R_1)/R_1$ 与温度的变动量 (t_2-t_1) 近似地成正比关系,即

$$\frac{R_2-R_1}{R_1}=\alpha(t_2-t_1)$$

$$\text{或} \quad R_2=R_1[1+\alpha(t_2-t_1)]$$

式中: α 称电阻的温度系数,它等于温度每变动 1°C 时每欧电